

初級統計学習における誘導機能と助言機能を持つ

学習支援システムの構築

鈴木香名子^{*1}, 小西達裕^{*2}

^{*1} 静岡大学大学院総合科学技術研究科, ^{*2} 静岡大学情報学部

Construction of learning support system with guidance function and advisory function in elementary statistics exercises

Kanako SUZUKI^{*1}, Tatsuhiro KONISHI^{*2}

^{*1} Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, ,

^{*2} Faculty of Informatics, Shizuoka University

Recently, statistics are a necessary education for various people as well as experts. In the field of education on statistics, it is required to present that improve learners' motivation and promote deep understanding. We thought that problems using statistical concepts on the real world can satisfy such a condition. In general, we assumed that some learners would get stuck at the problem solving stage. We have developed a learning support system equipped with a guidance function and that facilitates data organization and advisory function that gives advice according to the type of wrong answer. In addition, we conducted an evaluation experiment to evaluate the usefulness of the system. The result showed that the guidance function and advisory function of this system are effective for improving the task achievement rate for the learner to proceed with learning, and that the learner feels that the acquired knowledge is useful.

キーワード: 統計学, 学習支援システム, 演習支援, 行き詰まり解消

1. はじめに

現代において統計学は, 専門家以外にも必須の学問である. しかし教育現場において, 学習者の統計学に対する意欲の向上や深い理解を促すような学習方法は確立されていない. 本研究では, 現実の対象に関するデータを統計学を用いて分析することにより, その対象の性質を見出す演習課題が学習者の意欲の向上や深い理解を促すと考えた (例: 2015年のプロ野球12球団のチーム成績から勝率が高いチームの特徴を調べ, 1950年のデータと比較してみよう!). 我々はこのような演習において, 教師の役割の一部を代行する学習支援システムを開発した. このとき 課題解決の手順がわからない学習者や, 誤答の際に考え直す方針が立たない学習者が一定数いると想定され, 彼らには個別に

誘導や助言をする必要がある. しかしそれは, 授業時間の不足や教師一人当りの学習者数が多いという問題から容易ではない. 本研究では, 教師が果たすべき役割を上述の誘導や助言を行うことであると考え, 教師の役割のうち行き詰まりの解消を目的として次の2つの機能を持った学習支援システムを開発した.

- (1) 課題完遂に向けた行動の誘導
- (2) 回答の評価と間違い方に応じた助言

このシステムについて簡単な評価実験を行った結果, システムの有用性が示唆された.

2. 関連研究

学習者が統計の能力を伸ばすための方法について様々な議論が行われている. その中でも能動的な学習

戦略を組み込むことは生徒の統計的推論能力を発達させる1つの方法であるとされている。能動的な学習戦略とは学生が実際に研究の設計やデータの収集、結果の分析といった活動を行うことである（Gary Smith, 1998）。ここで扱う問題は数理的側面が強い問題ではなく現実世界で起こり得る問題である。同様に、計算過程だけでなくデータの収集や分析などの過程を重要視した学習をすることが重要であるとする主張もある（Wild&Pfannkuch, 1999）。ここでは統計的な問題解決を行うプロセスの基本的な考えとしてPPDACサイクルを取り上げている。PPDACサイクルとは問題解決のためのフレームワークの一種であり問題解決における各プロセスをProblem, Plan, Data, Analysis, Conclusionに分けた考え方である。我々はPPDACサイクルの一部を取り入れた学習支援システムを構築した。取り入れた箇所はDataに該当するデータの分析、Analysis, Conclusionの分析結果の解釈である。PPDACサイクルの一部のみを取り入れたのは問題を短期間で行うためである。

我々が開発する以外の学習システムとしてはWebベースでの統計学習支援サポート（Norhayati Baharun, 2012）とエキスパートシステムによる学習支援システム（L. Grabowski Barbara, 1996）がある。前者のシステムは前述したような現実世界で起こり得る問題を統計概念を使って解くシステムではなく数理的な問題の解決のサポートがメインになっている。後者のシステムは現実世界で起こり得る問題を扱っているが学習者にデータの整理を促す誘導や学習者の誤り方に応じた助言機能を重視していない点が我々のシステムとは異なる。

3. 提案手法

3.1 扱う課題の議論

本学習支援システムが扱う課題は現実の対象に関するデータから統計概念を使ってその対象の性質を見出す課題である。学習者は、出題された課題について統計解析ツール（本研究ではエクセル統計（株式会社社会情報サービス））を用いてデータの整理を行いながら解いていく。

1章で述べたように本システムは意欲の向上や深い理解を促す問題を出題する。ここで深い理解について定義する。我々は深い理解とは統計概念を単なる数式として理解するのではなく現実世界でどのように活用できるのかを理解することであると考える。課題の出し方によっては統計概念の数理的側面のみを意識させて実際の社会生活の中でどのように活用されるか見えにくくなりがちである。よって出題する課題は統計概念を使って解決できる日常レベルの課題とする。このような課題を出題したうえでどのような統計概念を使えば解決できるかということに焦点を当てる誘導をする。以下に相関係数を学習する場合の課題の例を示す。**2015年のプロ野球12球団のチーム成績から勝率が高いチームの特徴を調べ、1950年のデータと比較してみよう！**

上記のように実際の社会生活の中で活用できる問題を出題している。学習者はこれを相関係数という統計概念を用いて解く。以下に学習者に相関係数を用いてこの問題を解くことを促すメッセージの例を示す。**このような事柄を調べるためには「相関係数」を使うと便利です。エクセル統計を使って相関係数について学習してみましょう！**

3.2 課題達成に向けた誘導方法

学習者がデータの整理、使用する統計概念の決定などを行い自身の力で課題を完遂することが理想である。しかし、すべての学習者がひとりで課題を完遂できるとは言い難い。そのような学習者には出題した課題とテーマ・目標に対し次に行うべき動作を誘導する。はじめに、学習内容に関わらない共通の流れを示す。

（1）システムは課題解決に向けて大まかな指針を示す

（2）学習者は統計解析ツールを用いて情報の可視化を行う

（3）システムは情報を整理する誘導問題を出題し、学習者はそれを解く

（4）学習者は（3）で整理した情報を元に与えられた課題について回答する

つづいて、相関係数について学習する場合の具体的な例を示す。図1は実際の対話例である。

はじめに2015年のデータを整理してみましょう。以下の[1]～[5]に当てはまる適切な語句を選択肢1～7から選び回答してください。相関係数の強さについては別ウィンドウの「相関係数の定義」を参照してください。

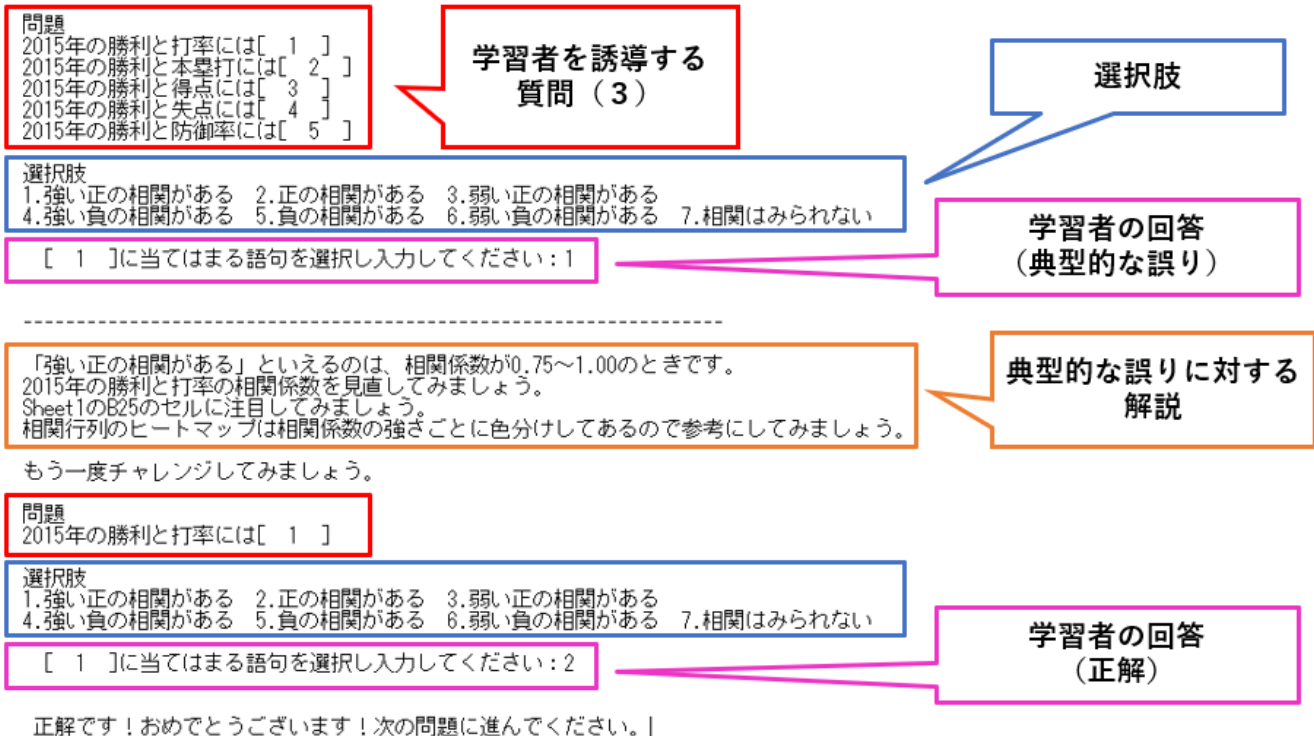


図 1 対話例

今回の課題の目的は、2015年と1950年のプロ野球12球団のチーム成績を比較し、勝率が高いチームの特徴を調べることです。

いきなりデータの比較をするのは難しいので、2015年と1950年のデータの整理をしてみましょう。

はじめに課題解決に向けての大まかな指針を示す(1)．第一に行うべき操作はエクセル統計を用いてデータの整理・情報の可視化を行うことである．相関係数の場合はエクセル統計を用いて相関行列と相関行列のヒートマップを出力する必要があるため、その指示文を出力する(2)．その際に本システム上で実際に出力される指示文を以下に示す。

情報の整理を行うための準備をします。

エクセル統計のウィンドウを見てください。

スライド「エクセル統計操作マニュアル(相関係数・箱ひげ図)」に沿って操作を行ってください。

相関行列と相関行列のヒートマップが出力されますね。

これらを使って情報の整理を行います。

次に、学習者がデータ間の関係性を発見できるような質問をし誘導する(3)．図1で示したように、与えられたデータに対して注目すべきパラメータを意識させることで学習者を誘導している．データ間の相関関係について質問をし、回答が誤っていた場合は、その誤り方に応じた助言をしている。

3.3 誤り方に応じた助言の生成方法

以下の表1に本システムで実装している助言のバリエーションを示す。

表 1 助言のバリエーション

学習対象	助言の内容
相関係数	<ul style="list-style-type: none"> ・注目するセルを間違えているとき, 正しいセルに注目するように促す ・相関係数の正負を間違えているときにマニュアルに戻って確認させる ・相関係数の強さを間違えているときにマニュアルに戻って確認させる
箱ひげ図	<ul style="list-style-type: none"> ・注目する箱ひげ図を間違えているとき, 正しい箱ひげ図に注目するように促す ・数字の読み間違いをしているとき, それを指摘する ・第一四分位数, 第三四分位数など用語を間違えているときにマニュアルに戻って確認させる

学習者から得た回答の正誤判定をし, 誤回答だった場合には誤り方に応じた助言をする. 正誤判定を行った際に助言をするのは, 学習者に間違っているという指摘のみを行うと誤りを改善するための方向性がわからないと考えたためである.

続いて, 誤り方に応じた助言の生成方法について述べる. 本システムはすべての問題について選択肢を持っていて, 学習者はその選択肢から回答する. 本システムには学習者の回答の正誤判定をする機能があり, 学習者の回答が正解の場合は次の問題に進むが, 不正解の場合は学習者の誤り方に応じた助言をする. 我々はすべての選択肢を正解または典型的な誤りのどれかに分類している. 典型的な誤りは複数あり, 選択肢の内容に応じて学習者が誤回答を導いた原因を解決させるための助言をする. この過程は図2に示したとおりである. 学習者にはそれぞれの典型的な誤りに対応した助言を与えている.

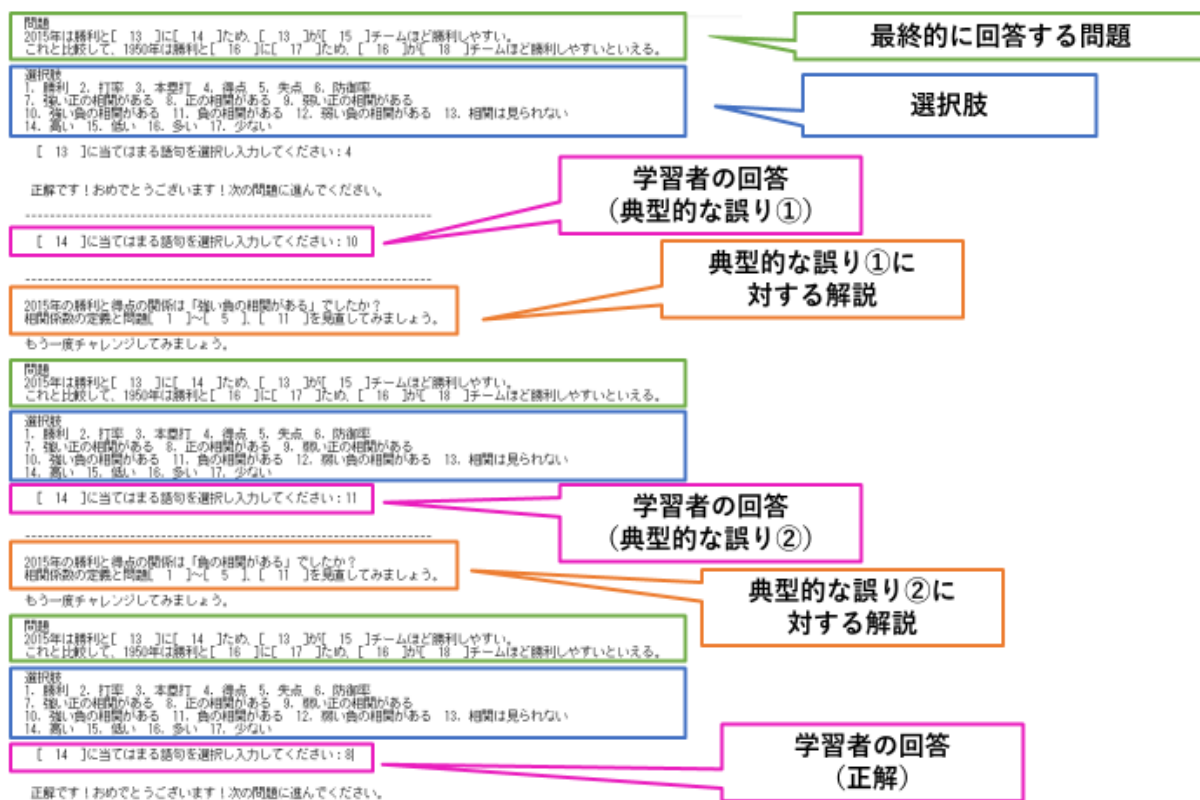


図 2 誤り方に応じた助言の例

4. システムの設計

本学習支援システムは、学習者自身のパソコン上にシステムとは独立した統計解析ツールを持っているということを前提としている。今回使用した統計解析ツールはエクセル統計である。本学習支援システムと統計解析ツールを独立して開発した理由としては、システム内に統計解析ツールを組み込むことで、システム自身が学習者の行動を監視できるという利点はあるものの、さまざまな教育現場に本システムを導入する際に、その現場でこれまで使用していた統計解析ツールをそのまま使えることが学習者と教員の負荷を低減すると考えたためである。

円滑に演習を進めるために、エクセル統計の使い方と、演習内で使用する統計用語の説明をしたスライドをそれぞれ作成した。学習者は本学習支援システムとエクセル統計のほかにこれらのスライドを参照しながら学習を進める。

5. 評価実験

5.1 仮説

システムの有効性を評価するために、次の2つの仮説について評価実験を行った。

仮説1:学習者が学習を進めるうえで誘導機能と助言機能は有用である

仮説1-1:学習者が本システムを使うと次に考えるべきことが示されるのは学習を進めるうえで役に立つ

仮説1-2:学習者が誤回答をしたときに本システムの助言機能は行き詰まりの解消に効果的である

仮説2:学習者が学習を進めるうえで本システムは全体的に使いやすい

仮説2-1:学習者にとって本システムの誘導機能は役に立つ

仮説2-2:学習者にとって本システムの助言機能は役に立つ

仮説2-3:学習者にとって本システムは学習の役に立つ

5.2 実験の概要

はじめに、実験の流れについて述べる。評価する項目は「誘導機能と助言機能は行き詰まりの解消に有用であるか」と「本システムは学習者にとって役に立つデザインであるか」である。

被験者には相関係数、箱ひげ図についてそれぞれ難易度別に3種類、合計6種類の問題を与え、すべての問題を以下の手順で解かせる。

(1) 誘導機能、助言機能なしのシステムを使って問題を解く

(2) 誘導機能のみ搭載したシステムを使って問題を解く

(3) 誘導機能、助言機能を搭載したシステムを使って問題を解く

学習者が(1)誘導機能、助言機能なしのシステムを使って問題を解く際は制限時間を7分とし、被験者自身がこれ以上解けないと判断した場合はギブアップを認めている。この実験には5人の修士学生(情報学専攻)、1人の大学学部生(獣医学部生)、3人の社会人(医療関係者1名、農学関係者2名)の合計10名が参加した。

誘導機能と助言機能の有用性は被験者の課題達成率、学習者にとって役に立つシステムデザインであるかは実験終了後に被験者にアンケートを取った。アンケートの設問は以下の通りである。

(1)システムを使うと次に考えるべきことが示されるのは役に立ちましたか?

(2)誤回答をしたとき、システムの助言は考え直す際に役に立ちましたか?

各設問について「役に立った」、「どちらかというと役に立った」、「どちらともいえない」、「どちらかというと役に立たなかった」、「役に立たなかった」という選択肢を用意し、それぞれ5～1点で点数化した。さらに、誘導機能・助言機能を搭載していないシステム、誘導機能のみを搭載したシステム、誘導機能・助言機能を搭載したシステムのうちのシステムが最も学習を進めやすかったか回答してもらった。

5.3 仮説1についての考察

表2は相関係数と箱ひげ図の問題について難易度別・システムのバージョン別の正答率を示している。

この正答率は10人の被験者の平均の正答率である。ここで示している正答率は最終問題の正答率である。また各問題において最終問題数は複数問を含む場合もある。誘導機能と助言機能のそれぞれの機能について、各機能が搭載されたシステムを使って学習を行った場合は「○」、搭載されていないシステムを使った場合は空欄となっている。

表 2 問題の難易度・システムごとの正答率

テーマ	演習レベル	誘導機能	助言機能	平均正答率
相関係数	レベル 1			85.0%
		○		98.3%
		○	○	98.3%
	レベル 2			30.0%
		○		80.0%
		○	○	100.0%
	レベル 3			95.0%
		○		100.0%
		○	○	100.0%
箱ひげ図	レベル 1			83.3%
		○		98.3%
		○	○	100.0%
	レベル 2			86.7%
		○		100.0%
		○	○	100.0%
	レベル 3			100.0%
		○		100.0%
		○	○	100.0%

表 2 からわかるように、誘導機能、助言機能を加えると加える前のシステムよりほとんどの場合正答率が上昇している(一部は同点)。以上から仮説 1 は成立するといえる。

5.4 仮説 2 についての考察

被験者に使用したシステムが学習を進めるうえで役に立ったかアンケートを取った。表 3 はその結果を示している。被験者からは誘導機能、助言機能共に学習を進めるうえで役に立ったという回答を得た。さら

に、(1) 誘導機能、助言機能を搭載していないシステム、(2) 誘導機能のみを搭載したシステム、(3) 誘導機能、助言機能を搭載したシステムのうちのシステムが最も使いやすかったか、という設問では 4 人が (2) 誘導機能のみを搭載したシステム、6 人が (3) 誘導機能、助言機能を搭載したシステムが最も使いやすかったと回答した。(3)を最良と回答した理由として、「誘導や助言があったほうが、どういう手順で進めて何が間違えているのかが理解でき、演習が進めやすかった。」という回答があった。一方、(2)を最良と回答した理由として「(3)は(2)の上位互換であると思うが(2)で十分理解できてしまうと(3)の細かさが多少煩わしく感じたため。」という回答を得た。

表 3 アンケート回答の分布

質問	選択肢					平均値
	1	2	3	4	5	
(Q1)	0人	0人	0人	1人	9人	4.9点
(Q2)	0人	0人	0人	1人	9人	4.9点
(Q3)	0人	0人	2人	2人	6人	4.4点

この結果より学習者の多くは本システムに搭載されている誘導機能と助言機能を役に立っていると感じていると考えることができる。一部の学習者は助言機能が不要という回答をしているが、本システムは初学者の行き詰まり解消を目的としているため、行き詰まりを起こさない高いレベルの学習者には機能の有用性が感じられなかったものと思われる。よって仮説2は限定的に支持されたと考えることができる。

6. まとめ

本研究では現実の対象に関するデータから統計概念を使ってその対象の性質を見出す課題を出題し、教師の役割の一部を代行する学習支援システムを開発した。開発した機能はデータの整理を促す誘導問題と学習者の典型的な誤りに応じた助言を行う助言機能である。さらに、開発したシステムの有用性を評価した。結果として誘導機能と助言機能により問題の正答率が上昇したことが示された。さらに、被験者に対して行っ

たアンケート結果から本システムの誘導機能と助言機能はほとんどの被験者から問題を解くうえで役に立ったという意見を得た。

今後は、被験者から指摘された課題に取り組む。例えば、システムの GUI 化、問題の出題ごとに選択肢の番号をランダムにするなどである。

参 考 文 献

- (1) Smith, G.: "Learning statistics by doing statistics", Journal of Statistics Education[Online], 6(3)(1998)
- (2) Wild, C.J. & Pfannkuch, M.: "Statistical Thinking in Empirical Enquiry", International Statistical Review, 67(3), pp.223-265(1999)
- (3) Baharun, N. & Porter, A.L.: "A web-based learning support to import student' learning of statistics", ISM International Statistical Conference, pp.359-367(2012)
- (4) Grabowski, B.L. & Harkness, W.L.: "Enhancing Statistics Education with Expert Systems: More than an Advisory System", Journal of Statistics Education[Online], 4(3)(1996)